

*Нарыгина И.В., Попова М.А., Гриб С.В., Степанов С.И.,
Попов Н.А., Демаков С.Л.*

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет
им. первого Президента России Б.Н. Ельцина»,

г. Екатеринбург

m.a.popova@ustu.ru

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ В ЖАРОПРОЧНОМ ТИТАНОВОМ СПЛАВЕ ПОСЛЕ ТЕРМООБРАБОТКИ В ДВУХФАЗНОЙ ОБЛАСТИ

Согласно литературным данным для получения хороших служебных свойств жаропрочных сплавов титана после их термомеханической обработки в β -области, сплавы желательно подвергать двухступенчатой обработке. На первой ступени рекомендуется нагрев сплавов в двухфазную область на температуры на $120...80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ниже температуры полиморфного превращения ($T_{\text{пп}}$), а на второй – старение.

Одну из главных ролей в формировании конечного комплекса механических свойств полуфабрикатов играют морфология и соотношение объемных долей основных фаз сплава (α и β), формируемых, как правило, на первой ступени термической обработки. В связи с этим актуальным является вопрос исследования влияния температуры отжига в двухфазной области на комплекс механических свойств после последующего старения жаропрочного титанового сплава.

Материалом исследования служили горячедеформированные прутки диаметром 20 мм из жаропрочного титанового сплава системы $\text{Ti} - 7,0\text{Al} - 2,7\text{Sn} - 3,9\text{Zr} - 1,2\text{Nb} - 0,7\text{Mo} - 0,15\text{Si}$, полученные по промышленной технологии с началом деформации при температурах β -области и окончанием при температурах $(\alpha+\beta)$ -области.

Схема термической обработки прутков включала в себя отжиг в двухфазной области в интервале температур $900...995\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 1 ч и последующее старение при температуре $620\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 4 ч.

Основными методами исследования служили просвечивающая и растровая электронная микроскопия, выполненные на микроскопах JEM-200C и JSM6490 соответственно. Испытания на растяжение проводили на пятикратных образцах на испытательной машине Instron 3382.

Показано, что исходная микроструктура прутков представлена деформированными относительно крупными β -зернами (более 500 мкм) с оторочкой α -фазы по границам и блоками крупных α -колоний в теле.

Установлено, что отжиг при температуре 900 °С в течение 1 ч не приводит к значительному изменению микроструктуры, тогда как повышение температуры отжига до 995 °С способствует развитию процесса утолщения α -пластин (достигающих при 950 °С толщины 2,8...3,0 мкм, при 975 °С толщины 3,1...3,3 мкм, при 995 °С толщины 3,3...3,6 мкм) за счет уменьшения объемной доли первичной α -фазы. В результате наблюдается трансформация структуры, и после охлаждения с 995 °С структура становится глобулярно-пластинчатой.

Согласно данным просвечивающей электронной микроскопии обнаружено, что после отжига при 900 °С в течение 1 ч на α/β -границах раздела лишь в отдельных микрообъемах сплава формируются частицы силицидов, их количество незначительно возрастает при отжиге 950 °С, а в интервале температур отжига 975...995 °С процесс выделения силицидных частиц активизируется.

Определено, что в результате старения при 620 °С в течение 4 ч в структуре сплавов, независимо от температуры предшествующего отжига, в прослойках β -фазы увеличивается количество силицидных частиц, происходит образование α_2 -фазы по гомогенному механизму; большая доля α_2 -фазы зафиксирована в сплаве, обработанном при более высоких температурах предшествующего отжига.

Изменение микроструктуры закономерным образом влияет на формируемый комплекс механических свойств.

Выявлено, что повышение температуры отжига в интервале 900...955 °С приводит к незначительному понижению прочностных свойств и закономерному повышению пластичности (как относительного удлинения, так и сужения), связанному с укрупнением частиц первичной α -фазы.

Показано, что проведение старения при 620 °С в течение 4 ч не меняет характера изменения прочностных и пластических характеристик при испытании на растяжение при комнатной температуре, несколько увеличивая прочностные характеристики и уменьшая пластические.

Установлено, что кратковременная прочность при испытаниях при 600 °С находится на достаточно высоком уровне 0,6...0,65 от σ_B , при этом с увеличением температуры отжига с 900 °С до 995 °С выявлен

интенсивный рост относительного сужения (с 37,4 до 60 %) при относительно постоянном удлинении вплоть до температуры 975 °С, что объясняется локализацией деформации.

Определено, что с увеличением температуры отжига с 900 до 995 °С деформация при ползучести при испытаниях при 600 °С увеличивается с 0,26 до 0,53 %. Последующее старение незначительно сказывается на значениях относительной деформации. Высокие значения деформации при ползучести объяснены окончанием деформации при температурах двухфазной области.

Полученные результаты показывают, что для получения повышенных характеристик жаропрочности псевдо- α -титановых сплавов нецелесообразно повышать температуру отжига выше 950 °С, так как при более высоких температурах отжига резко увеличивается деформация при ползучести и возрастают значения пластических свойств при горячих испытаниях.